

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-197749

(43)Date of publication of application : 19.07.2001

(51)Int.Cl.

H02M 7/48

G05F 1/12

H03F 1/02

(21)Application number : 2000-004528

(71)Applicant : DAIHEN CORP

(22)Date of filing : 13.01.2000

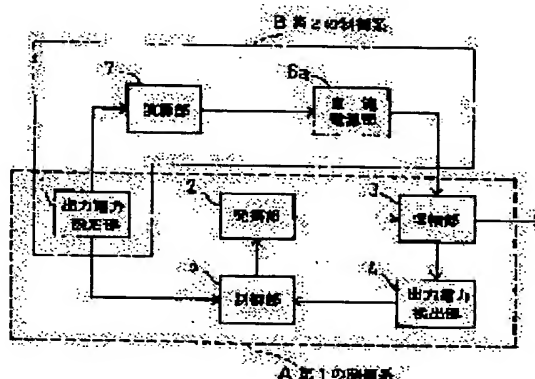
(72)Inventor : KOTANI HIROYUKI

(54) HIGH-FREQUENCY POWER SUPPLY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high-frequency power supply capable of controlling output power over a wide range with the efficiency improved by minimizing wastefully consumed power as much as possible.

SOLUTION: This high-frequency power supply involves a second control system B including an output power setting part 1, a calculating part 7, and a DC power supply part 6a, in addition to a first control system A consisting of the output power setting part 1, an oscillation part 2, an amplifying part 3, a power detecting part 4, and a controlling part 5. The second control system B variably controls DC power supply voltage Vdc so that the amplifying part 3 may operate with high efficiency according to the setting of the output power setting part 1.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-197749
(P2001-197749A)

(43) 公開日 平成13年7月19日 (2001.7.19)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 2 M 7/48		H 0 2 M 7/48	E 5 H 0 0 7
G 0 5 F 1/12		G 0 5 F 1/12	5 H 4 2 0
H 0 3 F 1/02		H 0 3 F 1/02	5 J 0 9 2

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-4528 (P2000-4528)

(22) 出願日 平成12年1月13日 (2000.1.13)

(71) 出願人 000000262
株式会社ダイヘン
大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号
(72) 発明者 小谷 弘幸
大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号
株式会社ダイヘン内
(74) 代理人 100086737
弁理士 岡田 和秀

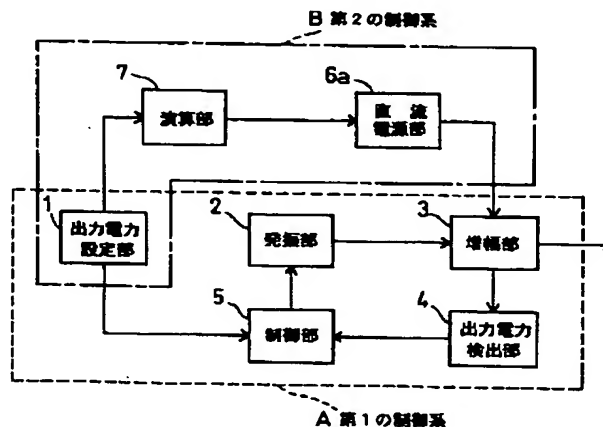
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高周波電源

(57) 【要約】

【課題】 出力電力を広範囲に制御可能な高周波電源において、無駄に消費される電力を可及的に小さく抑制してその効率を向上させた高周波電源を提供すること。

【解決手段】 出力電力設定部1と、発振部2と、増幅部3と、電力検出部4と、制御部5からなる第1の制御系Aに加えて、出力電力設定部1と、演算部7と、直流電源部6aとを含む第2の制御系Bを含み、第2の制御系Bにより、出力電力設定部1の設定に応じて増幅部3が高効率で動作するように直流電源電圧Vdcを可変制御する構成。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】設定に応じて出力電力を制御する高周波電源において、

前記設定に応じて発振出力レベルが可変可能な発振部と、供給される直流電圧等に対して前記発振部出力を増幅する増幅部とを含み、前記設定された電力に前記増幅部の出力電力が一致するように前記発振部の発振出力を制御する第1の制御系に加えて、

前記設定に応じて前記増幅部が高効率で動作するように前記直流電圧等を可変制御する第2の制御系を設けた、ことを特徴とする高周波電源。

【請求項2】請求項1の高周波電源において、

前記第2の制御系が、前記増幅部が最大効率（出力が飽和しない範囲で最大の振幅となる動作態様）で動作するように前記直流電圧等を可変制御する、ことを特徴とする高周波電源。

【請求項3】請求項1または2の高周波電源において、前記第2の制御系が、前記設定に応じて前記増幅部が高効率で動作する直流電圧等を演算する演算部と、この演算に応じた直流電圧等を前記増幅部に供給する直流電源部とを含む、ことを特徴とする高周波電源。

【請求項4】請求項3の高周波電源において、

前記第2の制御系は、さらに、前記演算部より出力する直流電圧等の演算値に前記直流電源部から前記増幅部に供給する直流電圧等の大きさが一致するように制御する制御ループを有する、ことを特徴とする高周波電源。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一定の基準周波より高周波の電力を一定に制御して負荷に供給する高周波電源に関する。この高周波電源は、例えば、半導体製造の各種プロセス、特にプラズマプロセス用の電源や、レーザ発振用エネルギー供給源や、その他の電源用途に用いて好適なものである。

【0002】なお、このような高周波電源には、発振出力レベルを設定に応じて可変制御して出力を一定に制御する第1方式のものと、発振出力レベルを固定し、増幅部に対する直流電源電圧を設定に応じて可変制御して出力を一定に制御する第2方式のものとがあるが、本発明は、前記第1方式のものに関する。

【0003】

【従来の技術】図10は、第1方式に従う従来の高周波電源の主要構成を示す回路ブロック図、図11は、図10の増幅部の出力電圧の波形図である。

【0004】この高周波電源は、出力電力を設定する出力電力設定部1と、発振出力のレベルを可変とする発振部2と、発振部出力を増幅する増幅部3と、増幅部3の出力電力を検出する電力検出部4と、出力電力設定部1での設定値と、電力検出部4での検出値とを比較し、出力電力が設定値に一致するように発振部出力のレベルを

制御する制御部5とを含む第1の制御系Aを備え、制御部5は、電力検出部4での検出値が、出力電力設定部1での設定値と異なるときは、検出値が設定値に一致するように、発振部2の発振出力のレベルを可変制御し出力電力を一定に制御するようになっている。ここで、6は、増幅部3に固定の直流電源電圧Vdcを供給する直流電源部であって、前記第1の制御系A外におかれている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記構成の高周波電源の場合、出力電力設定部1による設定値が設定電力を「中」「小」「大」それぞれとする値の場合、制御部5は、発振部2を制御してその設定の電力に合わせて発振出力のレベルを制御し、また増幅部3は、この発振出力を増幅して図11(a)(b)(c)でそれぞれ示すように出力電圧を出力する。

【0006】なお、増幅部3は、直流電源電圧Vdcに対して図11(a)で示すように出力電圧が飽和しない範囲（波形歪みが発生しない範囲）では、その振幅が最大となるときの最大効率（＝出力電力／入力電力の百分率）となる。ここで、入力電力は直流電源部6から増幅部3に供給される電力であり、出力電力は、増幅部3から出力される電力である。図11(a)では出力電圧が飽和しない範囲で最大効率となり、図11(b)では出力電圧が飽和しないが出力振幅が小さいために効率が低く、図11(c)では、効率は良いが出力電圧が飽和して波形が歪んでしまっている。なお、図11では正の半波波形を直流電源電圧Vdcのラインから負側に折り返しその折り返し波形が破線で示されている。そして、損失が発生する直流電源電圧領域はハッチング領域で示されており、ハッチング領域が小さい程、効率が良いことを示している。

【0007】したがって、従来の高周波電源の場合、直流電源電圧Vdcが第1の制御系A外で一定の値に固定されているから、出力電力が広範囲に可変して設定される場合では、図11(b)や(c)になる可能性があり好ましくない。

【0008】例えば出力電力の設定値が小さいと、効率が低く無駄に消費される電力量が大きくなる。また、出力電力の設定値が大きいと、効率が良くても出力波形に歪みが生じる結果、多段で複雑なフィルタ回路が余分に必要となりコスト的に不利な構造となる。

【0009】このような高周波電源を例えばプラズマプロセス用電源として使用すると、そのプロセス条件によって定格出力の10%程度から100%の領域で可変した場合、定格出力条件で使用されるプロセス条件は少なく、大部分のプロセス条件では定格出力より小さい出力電力領域つまり効率が低い領域で使用され、電力が無駄に消費される高周波電源となり、また、定格に近い出力条件で使用すると、高価で複雑なフィルタ回路を内蔵さ

せる必要があり、高価な高周波電源となる。

【0010】このような高周波電源は、近年の省電力化、省コスト化の厳しい要求環境に沿うものとは言えなくなり、無駄な電力消費を抑制しかつ低価格化を可能とした高周波電源の実現化が緊急に求められている。

【0011】したがって、本発明の共通する解決課題は、このような高周波電源における要望に沿うため、出力電力を定格出力以下の領域に設定して使用できる高周波電源において、いずれの領域でも電力が無駄に消費されることを可及的に小さく抑制してその効率を向上させた高周波電源を提供することである。

【0012】本発明の他の解決課題は、さらに多段で複雑なフィルタ回路を不要として、より低価格化を可能とした高周波電源を提供することである。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の高周波電源は、設定に応じて出力電力を制御する高周波電源において、前記設定に応じて発振出力レベルが可変可能な発振部と、供給される直流電圧等に対して前記発振部出力を増幅する増幅部とを含み、前記設定された電力に前記増幅部の出力電力が一致するように前記発振部の発振出力を制御する第1の制御系に加えて、前記設定に応じて前記増幅部が高効率で動作するように前記直流電圧等を可変制御する第2の制御系を設けたものである。

【0014】前記直流電圧等には電圧のみならず電流や電力も含む。

【0015】本発明の高周波電源によると、出力電力を定格出力以下の領域に設定して使用する場合において、いずれの領域でも電力が無駄に消費されることを可及的に小さく抑制してその効率を向上させることができる。

【0016】本発明の高周波電源の場合、電力消費が低減される結果、発熱量が低減され、放熱板などの電源を大型化してしまう要素を少なくできる結果、より小型化が可能な高周波電源ともなる。

【0017】本発明の好ましい実施態様として、前記第2の制御系が、前記増幅部が最大効率（出力が飽和しない範囲で最大の振幅となる動作態様）で動作するよう前記直流電圧等を可変制御する。こうした場合、直流電圧等が例えば直流電圧の場合、出力電圧の歪みを実質小さくするかあるいは無くすることが可能であるので、この歪みを無くするための複雑で高価なフィルタ回路等が不要となりそのコストの低減を図れる。

【0018】本発明の好ましい実施態様として、前記第2の制御系が、前記設定に応じて前記増幅部が高効率で動作する直流電圧等を演算する演算部と、この演算に応じた直流電圧等を前記増幅部に供給する直流電源部とを含む。このような場合、その構成が簡素に済むので、低コスト化に好ましい。

【0019】本発明の好ましい実施態様として、前記第2の制御系は、さらに、前記演算部より出力する直流電

圧等の演算値に前記直流電源部から前記増幅部に供給する直流電圧等の大きさが一致するよう制御する制御ループを有する。この構成によると、負荷変動にかかわらず直流電圧等を一定に制御することが可能となり、より出力が安定した高周波電源となり好ましい。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の詳細を図面に示される実施形態に基づいて説明する。

【0021】図1ないし図4は本発明の実施形態1に係り、図1は、実施形態1の高周波電源の回路ブロック図、図2ないし図4は、図1の高周波電源内の第1の制御系内の増幅部の特性図である。

【0022】図1を参照して、実施形態1の高周波電源は、第1の制御系Aとして、出力電力を設定し、これを出力電力の設定値として出力する出力電力設定部1と、発振出力のレベルを可変とする発振部2と、発振部2出力を増幅出力する増幅部3（増幅部3からの出力電力は、高周波電源の高周波出力となる）と、増幅部3の出力電力を検出し、これを出力電力の検出値として制御部5に帰還する電力検出部4と、出力電力設定部1による出力電力設定値と、電力検出部4による出力電力検出値とを比較し、両者が一致するよう発振部2の発振出力のレベルを制御、つまり、高周波電源の高周波出力を一定に制御する制御部5とを備える。

【0023】実施形態1の高周波電源は、第1の制御系Aに加えて、次に述べる第2の制御系Bを設けたことに特徴を有している。

【0024】すなわち、実施形態1では、高周波電源の出力を設定するものでその出力電力設定値を出力する出力電力設定部1（第1の制御系Aと共用）と、その設定値に対応して後述のように演算しその演算値あるいはその演算値より若干高めの値を直流電源電圧 V_{dc} の演算値として出力する演算部7と、この直流電源電圧 V_{dc} を増幅部3に供給出力する直流電源部6aを含む第2の制御系Bを設けている。

【0025】第2の制御系Bにおいて演算部7について説明する。

【0026】演算部7は、増幅部3が出力電力設定値の大きさの出力電力となるよう発振部2出力を増幅し、かつ、その効率が最大となるように、増幅部3に供給する最低の直流電源電圧 V_{dc} を演算するようになっている。

【0027】この場合、演算部7は、その演算値をそのまま直流電源部6aに入力してもよいが、負荷の状況等により余裕を見込んでその演算値より若干高めの値、例えば演算値の1.2倍の値、を直流電源電圧 V_{dc} の演算値として直流電源部6aに入力するようにしてもよい。

【0028】図2は、演算部7における演算に用いるグラフである。図2は、横軸が設定電力（%）であり、縦

軸が直流電源電圧 V_{dc} (%) であって、増幅部3が、設定電力で最大効率となるように増幅動作するための直流電源電圧 V_{dc} の関係を示している。つまり、その直流電源電圧 V_{dc} で増幅部3の出力電圧が、飽和せずかつ最大の振幅となる関係を示している。

【0029】演算部7は、図2のグラフ特性を記憶して、出力電力設定部1による出力電力設定値に対応する直流電源電圧 V_{dc} を得る。あるいはまた、演算部7は、図2のグラフで示される特性関数を記憶しており、出力電力設定部1による出力電力設定値をこの特性関数に代入して直流電源電圧 V_{dc} を得る。いずれにしても、演算部7は、出力電力設定部1の出力電力設定値を入力すると、その設定値に応じた直流電源電圧 V_{dc} あるいは、この値より若干高めの値を直流電源部6aに入力するようになっている。

【0030】上述したことから、演算部7は、演算を行っているとも言えるが、この演算の意義に限定されるものではなく、要するに、出力電力設定部1よりの出力電力設定値を増幅部3の最大出力とするために、増幅部3に供給する直流電源電圧 V_{dc} を得るものであれば、そのすべてが含まれる。

【0031】図3を参照して、出力電力設定部1による出力電力の設定値が「中」のときは、その設定値で出力が飽和しない範囲で最大効率となる最低の直流電源電圧 V_{dc} を演算する。その結果、演算部7からは図3

(a)で示される直流電源電圧 V_{dc} が演算され、直流電源部6aは、この演算に係る直流電源電圧 V_{dc} を増幅部3に供給する。この直流電源電圧 V_{dc} を供給された増幅部3は、図3(a)で示すように飽和しない範囲で振幅が最大の出力電圧つまり最大の効率で動作できることとなる。

【0032】また、出力電力設定部1による出力電力の設定値が「大」のときは、その設定値で出力が飽和しない範囲で最大効率となる最低の直流電源電圧 V_{dc} を演算する。その結果、演算部7からは図3(b)で示すような「大」レベルの直流電源電圧 V_{dc} が演算され、直流電源部6aは、その演算に係る直流電源電圧 V_{dc} を増幅部3に供給する。この直流電源電圧 V_{dc} を供給された増幅部3は、図3(b)で示すように飽和しない範囲で最大の効率で動作できることとなる。

【0033】さらに、出力電力設定部1による出力電力の設定値が「小」のときは、その設定値で出力が飽和しない範囲で最大効率となる最低の直流電源電圧 V_{dc} を演算する。その結果、演算部7からは図3(c)で示すような「小」レベルの直流電源電圧 V_{dc} が演算され、直流電源部6aはその演算に係る直流電源電圧 V_{dc} を増幅部3に供給する。この直流電源電圧 V_{dc} を供給された増幅部3は、図3(c)で示すように飽和しない範囲で最大の効率で動作できることとなる。

【0034】なお、図3の折り返し波形およびハッチン

グは図11で説明したのと同様であるから、その説明は省略する。

【0035】また、図4を参照して従来の高周波電源と本実施形態の高周波電源とを比較する。

【0036】図4において破線は従来の定格出力250Wの高周波電源の特性を、また、実線は本実施形態の定格出力250Wの高周波電源の特性をそれぞれ示している。図4(a)で示すように本実施形態は従来と比較して電力損失が大幅に低減されている。また、図4(b)で示すように本実施形態は従来と比較して効率が出力電力の広い範囲にわたって一定のほぼ80%となり、電力の無駄な消費が抑制されている。

【0037】図5は、本発明の実施形態2に係る高周波電源の回路ブロック図である。実施形態2の場合、第2の制御系Bに、演算部7より出力する直流電源電圧 V_{dc} の演算値に直流電源部6aから増幅部3に供給する直流電源電圧 V_{dc} の大きさが一致するように制御する制御ループを構成するために、誤差増幅部8と直流電圧検出部9とが追加されている。誤差増幅部8は、演算部7による直流電源電圧 V_{dc} の演算値と直流電圧検出部9による直流電源電圧 V_{dc} の検出値との誤差分を増幅して、直流電源部6aに出力する。直流電圧検出部9は、直流電源部6aから出力される直流電源電圧 V_{dc} の大きさを検出し、その検出値を誤差増幅部8に入力する。

【0038】これによって、実施形態2の場合、直流電源電圧 V_{dc} を一定に制御して増幅部3に供給することが可能となり、負荷の変動によって増幅部3に供給される直流電源電圧 V_{dc} が変動することが抑制され、これによって、増幅部3における効率の安定性、出力波形の安定性を共に保持することが可能となり好ましい。

【0039】上述した各実施形態の高周波電源の増幅部3の形態例は、図6ないし図9で示されている。図6は、B級プッシュプル方式の増幅部であり、図7は、ハーフブリッジ方式の増幅部であり、図8は、フルブリッジ方式の増幅部であり、図9(a)は、トランジスタ1石よりなるB級増幅部であり、図9(b)は、トランジスタ1石よりなるA級増幅部である。これら図6ないし図9それぞれで示される増幅部3の動作は周知であるから、その詳しい説明は省略するが、図6の増幅部3における電力損失および効率について以下説明する。

【0040】図6において、 T_1 は、入力トランス、 Tr_1 、 Tr_2 は、増幅用のトランジスタ、 T_2 は、出力トランスである。

【0041】トランジスタ Tr_1 、 Tr_2 において、そのコレクタエミッタ間の飽和電圧を0V、コレクタ電流を I_{c1} 、 I_{c2} 、このコレクタ電流およびコレクタエミッタ間電圧の最大値に対する励振率を k ($0 \leq k \leq 1$)とする。また、出力トランス T_2 の1次側巻線の間タップから一端側までの巻数を N_1 、他端側までの巻数を N_2 、2次側巻線の巻数を N_3 とし、その巻数比を次

式(1)とする。

$$【0042】 N_1 : N_2 : N_3 = n : n : 1 \quad \dots (1)$$

コレクタ電流 I_{c1} , I_{c2} の最大値 I_{cmax} は、負荷抵抗の値を R とすると、次式(2)が得られる。

$$P_{out} = (k^2 \cdot V_{dc}^2) / (2n^2 \cdot R) \quad \dots (3)$$

一方、増幅部3に供給する電力 P_{dc} は、次式(4)で得られる。

$$P_{dc} = (2 \cdot k \cdot V_{dc}^2) / (\pi \cdot n^2 \cdot R) \quad \dots (4)$$

増幅部3の効率を η とすると、 $\eta = P_{out} / P_{dc}$ で表されるから、前記式(3)および(4)により次式

$$\eta = P_{out} / P_{dc} = k \cdot \pi / 4 \quad \dots (5)$$

本発明は、高効率で動作する高周波電源を提供する。したがって、その最大効率 η_{max} は、 $k=1$ のとき $\eta_{max} = \pi / 4 = 78.5 (\%)$... (6) となる。

$$P_{loss} = P_{dc} - P_{out} \\ = \{4 / (k \cdot \pi) - 1\} \cdot P_{out} \quad \dots (7)$$

本発明では、式(7)において $k=1$ として、

$$P_{loss} = (4 / \pi - 1) P_{out} = 0.273 P_{out} \quad \dots (8)$$

したがって、式(6)および(8)から明らかであるように、この増幅部3の場合、電力損失は、出力電力に比例し、効率 η は、広範囲の出力電力において、最大効率となっている。

【0049】なお、上述の実施形態では、直流電源部6aは電圧を出力する形態であったが、これに限定されるものではなく電流を出力する形態でも構わない。

【0050】

【発明の効果】本発明によれば、設定に応じて発振出力レベルが可変可能な発振部と、供給される直流電圧等に対して前記発振部出力を増幅する増幅部とを含み、前記設定された電力に前記増幅部の出力電力が一致するように前記発振部の発振出力を制御する第1の制御系に加えて、前記設定に応じて前記増幅部が高効率で動作するように前記直流電圧等を可変制御する第2の制御系を設けたから、出力電力を定格出力以下の領域に設定して使用する場合において、いずれの領域でも電力が無駄に消費されることを可及的に小さく抑制してその効率を向上させられる。

【0051】また、本発明によれば、前記第2の制御系が、増幅部がその出力が飽和しない範囲で最大効率で動作するように前記直流電圧等を可変制御するから、出力電圧の歪みを実質小さくするかあるいは無くすることが可能となり、これによって、この歪みを無くするための複雑で高価なフィルタ回路等が不要となりそのコストの低減を図れる。

【図面の簡単な説明】

$$【0043】 I_{cmax} = V_{dc} / n^2 R \quad \dots (2)$$

増幅部3の出力電力 P_{out} は、次式(3)で得られる。

【0044】

【0045】

(5) が得られる。

【0046】

【0047】また、増幅部3の電力損失 P_{loss} は、 $= P_{dc} - P_{out}$ で表され、前記式(5)より、次式(7)が得られる。

【0048】

【図1】本発明の実施形態1に係る高周波電源の回路ブロック図

【図2】図1の演算部の演算の説明に供する図

【図3】(a) (b) (c) 各出力電力設定における直流電源電圧 V_{dc} と増幅部の出力電圧の波形図

【図4】(a) 増幅部における従来と実施形態1との電力損失の比較特性図、(b) 増幅部における従来と実施形態1との効率の比較特性図

【図5】本発明の実施形態2に係る高周波電源の回路ブロック図

【図6】増幅部の具体例を示す図

【図7】増幅部の他の具体例を示す図

【図8】増幅部のさらに他の具体例を示す図

【図9】増幅部のさらに他の具体例を示す図

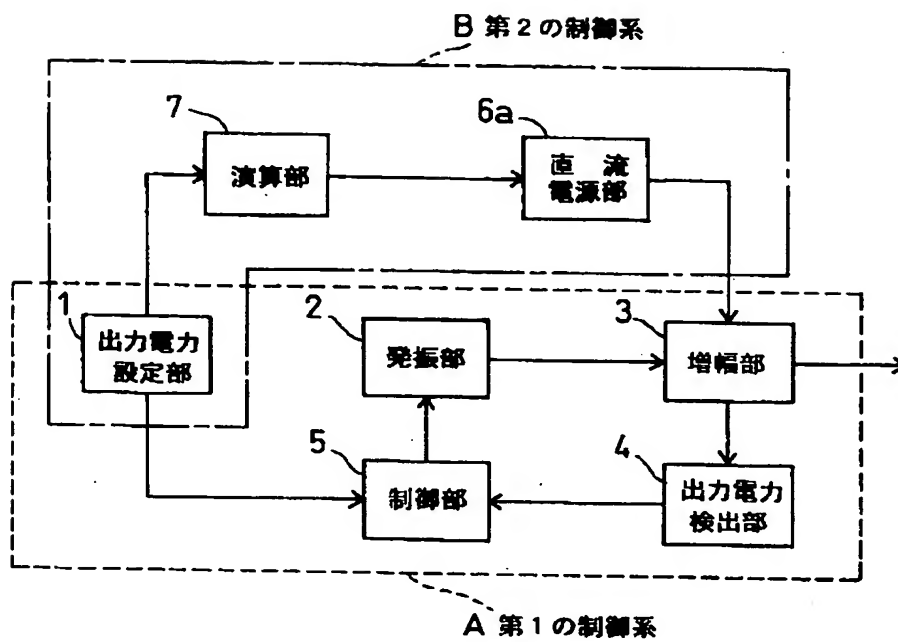
【図10】従来の高周波電源の回路ブロック図

【図11】(a) (b) (c) 各出力電力設定における直流電源電圧 V_{dc} と増幅部の出力電圧の波形図

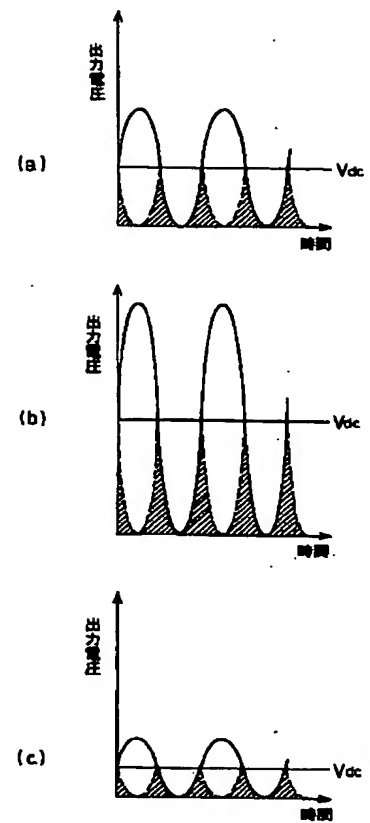
【符号の説明】

- A 第1の制御系
- B 第2の制御系
- 1 出力電力設定部
- 2 発振部
- 3 増幅部
- 4 出力電力検出部
- 5 制御部
- 6a 直流電源部
- 7 演算部

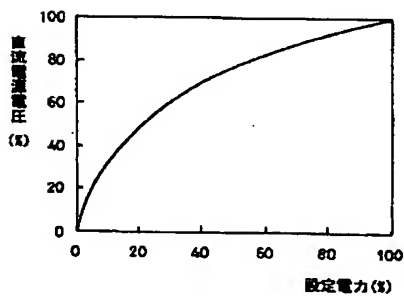
【図1】



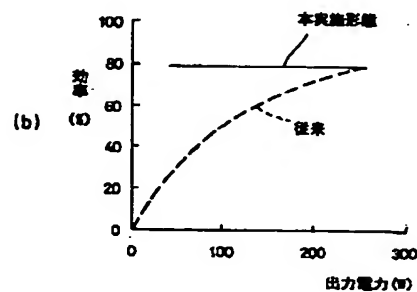
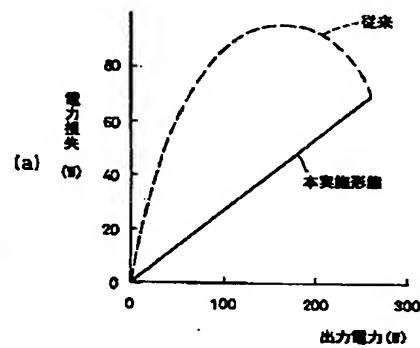
【図3】



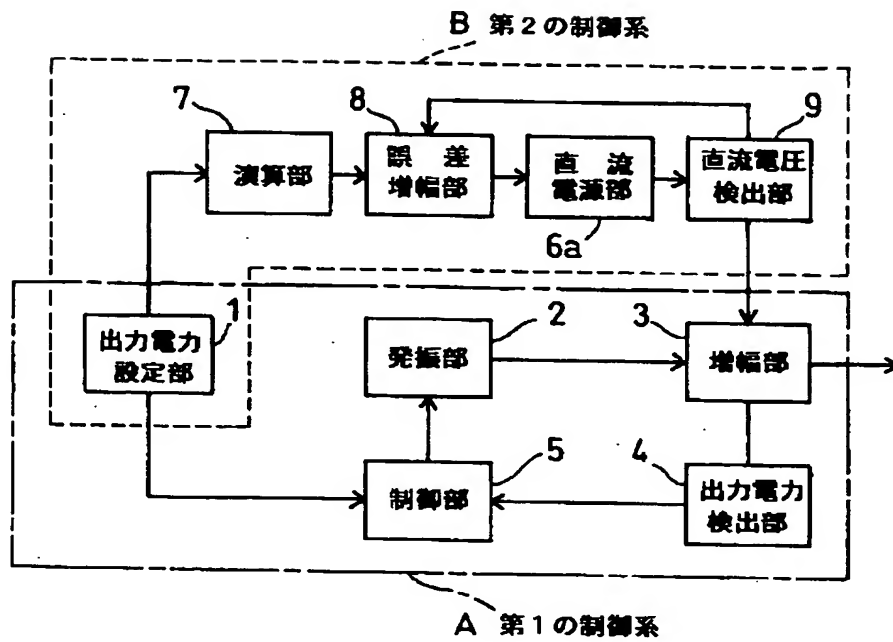
【図2】



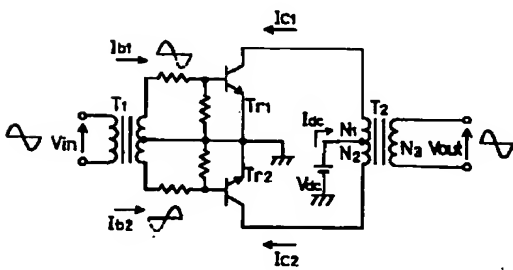
【図4】



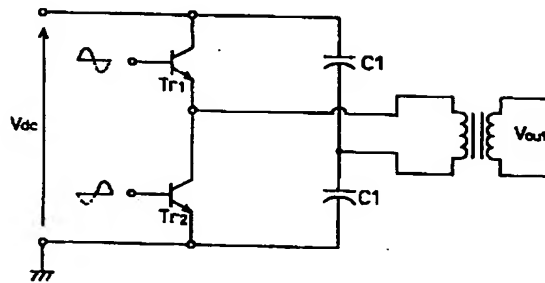
【図5】



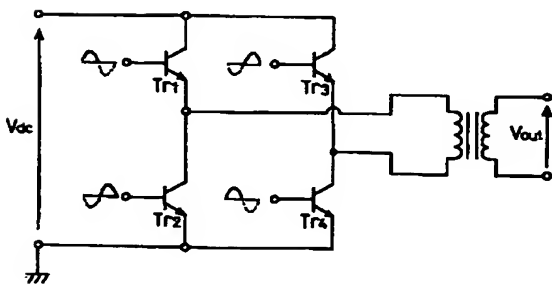
【図6】



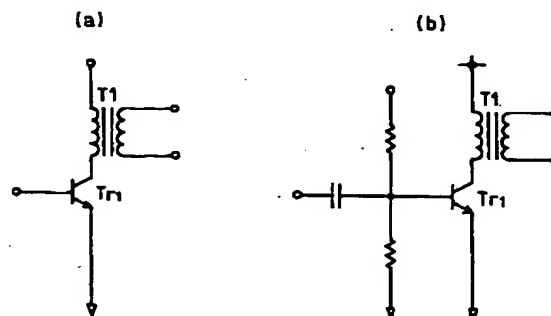
【図7】



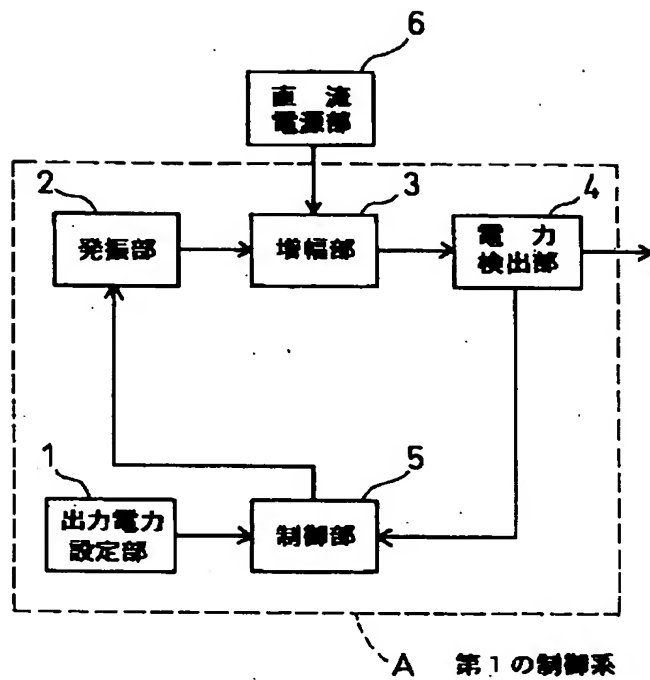
【図8】



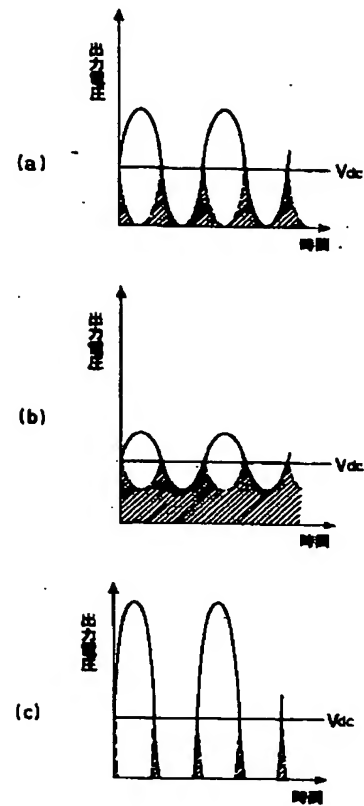
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5H007 CB04 CB05 CB06 CB07 CB12
 CC03 CC12 CC32 DA03 DA06
 DB01 DB05 DC03
 5H420 BB14 CC02 DD03 EA10 EA27
 EA39 EA42 EA45 EB15 EB39
 FF05 FF25
 5J092 AA01 AA18 AA41 AA64 CA36
 CA87 CA92 FA01 HA02 HA08
 HA25 HA29 HA35 HA37 KA32
 MA09 TA01 TA02 TA06